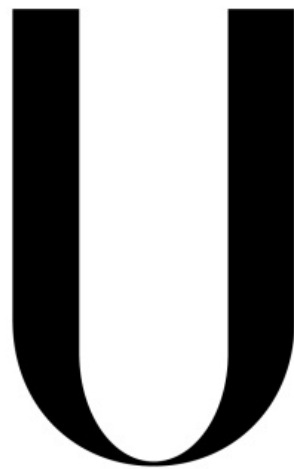


Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Adesivos Ortodônticos – Adesão à Cerâmica
Revisão Sistemática da Literatura

João Pedro da Rosa Nunes

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2019

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Adesivos Ortodônticos – Adesão à Cerâmica
Revisão Sistemática da Literatura

João Pedro da Rosa Nunes

Dissertação orientada pelo Prof. Doutor Luís Jardim

Dissertação coorientada pela Prof^ª. Doutora Joana Godinho

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2019

Aos meus pais,

ao meu irmão,

à minha família.

ÍNDICE

Conteúdo

ÍNDICE DE TABELAS	ii
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO	1
1.1. Adesão de <i>brackets</i> à cerâmica.....	2
1.2. Cimento adesivo	3
1.3. Condicionamento da superfície cerâmica.....	3
1.4. Tipo de Cerâmica	4
1.5. Objetivos do trabalho	4
METODOLOGIA	5
RESULTADOS	6
4.1. Tipo de Cerâmica	6
4.2. Força de Adesão à Cerâmica	8
4.3. Condicionamento da Superfície Cerâmica	8
4.4. Remoção da camada de glaze.....	13
4.5. Agente Silano	14
4.6. Tipo de Cimento Adesivo Utilizado.....	14
4.7. Lasers em Ortodontia	15
4.8. Modo de Falha na Descimentação.....	16
4.9. Efeito da Termociclagem	17
LIMITAÇÕES.....	19
CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	23

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I – resultados da força adesiva obtida com jateamento com partículas de óxido de alumínio e com o revestimento com partículas de sílica em diferentes cerâmicas, no estudo de Saraç e col., 2011..	6
Tabela II - força adesiva obtida para diferentes protocolos de condicionamento da superfície da zircônia, no estudo de Lee e col., 2015.	7
Tabela III - forças adesivas obtidas com diferentes condicionamentos de superfície, no estudo de Sabuncuoğlu e col., 2016.....	10
Tabela IV - forças adesivas obtidas com diferentes condicionamentos de superfície, no estudo de Najafi e col., 2014.	12
Tabela V - estudo comparativo de três adesivos diferentes em várias superfícies cerâmicas (Hellak e col., 2016).	14
Tabela VI - forças de adesão obtidas com diferentes protocolos de condicionamento da zircônia, com e sem termociclagem (Lee e col., 2015).....	18

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação assinala o final de uma etapa muito importante da minha vida. Durante todo o meu percurso universitário, foram muitas as pessoas que, de alguma forma, permitiram este final. Assim, queria deixar por escrito os meus mais sinceros agradecimentos:

- À minha coorientadora de tese, a Prof^a. Doutora Joana Godinho e ao meu orientador Prof. Doutor Luís Jardim por me terem proporcionado a realização desta dissertação.

- A toda a minha família, principalmente aos meus pais, Fátima e Lourenço, e ao meu irmão, Tiago, por todo o vosso apoio. Obrigada por tudo o que fizeram por mim. Sem vocês nada disto seria possível.

LISTA DE ABREVIATURAS

10-MDP: 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate

4-META: 4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride

AHF: ácido hidrófluorídrico

FFA: fosfato de flúor acidulado

IAR: índice de adesivo residual ou remanescente (após descimentação)

Er:YAG: Erbium:yttrium-aluminum-garnet

Nd:YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet

RESUMO

Introdução: Com o aumento do interesse da população quer nos tratamentos ortodônticos quer na dentisteria estética ao longo dos últimos anos, os ortodontistas encontram muitas vezes restaurações em cerâmica às quais necessitam de aderir os *brackets* ortodônticos.

Objetivos: Esta revisão sistemática da literatura teve como propósito estudar qual o melhor procedimento a seguir, de forma a se conseguir uma força de adesão adequada entre os dispositivos ortodônticos e as cerâmicas dentárias.

Metodologia: Pesquisaram-se artigos publicados online nas bases de dados *Cochrane Library* e *Pubmed* utilizando-se as palavras “bonding brackets to porcelain”. Utilizou-se um filtro temporal para seleccionar apenas a informação que foi publicada a partir de 01/01/2010.

Resultados: Foram encontrados catorze ensaios laboratoriais na pesquisa realizada na *Cochrane Library* e quarenta e nove artigos na pesquisa da *Pubmed*. Após análise dos mesmos, seleccionaram-se cinquenta artigos que fazem parte deste trabalho. Foram também utilizados três livros e uma tese de doutoramento que abordam o tema tratado neste trabalho.

Conclusões: O tipo de condicionamento da superfície cerâmica deve ser apropriado ao tipo de cerâmica à qual queremos promover a adesão. O condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 9,6%, por 2 minutos é ainda o protocolo de referência para as cerâmicas com fase vítrea, produzindo bons resultados de força adesiva. Nas cerâmicas de alto teor de alumina e nas cerâmicas de zircónia, o ácido hidrofluorídrico não é eficaz em promover uma força de adesão suficiente, e portanto outras técnicas como o jateamento com partículas de óxido de alumínio ou o revestimento com sílica triboquímica devem ser usadas.

Os *primers* de cerâmica funcionam como agentes silanos que aumentam as forças de adesão entre os cimentos resinosos e as cerâmicas à base de sílica. Na zircónia pura o uso de *primers* contendo os monómeros 10-MDP e 4-META aumenta as forças de adesão.

Palavras-chave: *Brackets* ; Adesivos; Silano ; Glaze ; Cerâmica

ABSTRACT

Introduction: With the increasing number of people looking for orthodontic and aesthetic dentistry treatments during the last years, very often orthodontists face the need of bonding orthodontic brackets to ceramic restorations.

Objectives: To study the best procedures to be followed in order to achieve an adequate adhesion force between orthodontic appliances and dental ceramics.

Methods: A research was carried out for articles published online in the Cochrane Library and *Pubmed* databases using the words "bonding brackets to porcelain". Only the most recent ceramic adhesion information was selected, the one published after 01/01/2010.

Results: Fourteen laboratory studies were found in Cochrane Library database and forty-nine articles were found in Pubmed. After an analysis, fifty articles were selected and studied. In addition, three books and a research Ph. D. thesis were also used in this paper.

Conclusions: The type of ceramic surface conditioning must be suited to the ceramic to be bonded. Conditioning with hydrofluoric acid at 9.6% for 2 minutes, is still the reference protocol for ceramics with a glassy phase. In zirconia or in ceramics with high percentage of alumina, the hydrofluoric acid is not effective in promoting sufficient adhesion strength. Therefore, other techniques such as aluminum oxide sandblasting or tribochemical silica coating should be used.

Ceramic primers function as a silane agent that increases bond strengths between resin cements and silica-based ceramics. In pure zirconia, the use of primers containing the 10-MDP and 4-META monomers increases the adhesion forces.

Key-words: Brackets ; Adhesives ; Silane ; Glaze ; Ceramic

INTRODUÇÃO

O aparecimento de novos materiais adesivos para cimentação dos *brackets* e dispositivos ortodônticos que emergem no mercado, coloca ao ortodontista uma dificuldade acrescida, no momento da decisão sobre qual o cimento a utilizar em cada situação. (1-2)

A cimentação de *brackets* ortodônticos é uma técnica relativamente recente que apresenta algumas dificuldades associadas. Os contratempos mais frequentes são a descimentação de *brackets*, a colocação dos mesmos numa posição incorreta, a descalcificação da estrutura dentária durante o tratamento e a quantidade de tempo despendida durante a remoção dos *brackets*. Assim, é essencial para o clínico seguir um procedimento que permita uma boa adesão entre os *brackets* e as peças dentárias, de modo a potenciar os efeitos do tratamento. (1)

A técnica adesiva usada deve ser capaz de produzir uma força de adesão suficiente que permita que o dispositivo ortodôntico resista às forças mastigatórias e ortodônticas, às quais é submetido durante o tratamento. Ao mesmo tempo, esta força não deve ser demasiado forte, de forma a preservar-se a integridade da estrutura dentária, ou do material de reabilitação aquando a descimentação. (3-11)

Segundo Karan e colaboradores, a carga máxima que os dispositivos ortodônticos conseguem exercer sobre os dentes é de 14 Kg/cm^2 ($\approx 1,5 \text{ MPa}$). (12) De uma forma geral, a literatura aponta 6 a 10 MPa como uma força adequada de adesão dos *brackets* ortodônticos. (38)

Os principais cimentos utilizados em ortodontia são os cimentos de resina e de ionómero de vidro. Existem ainda os compómeros e cimentos de ionómero de vidro modificado com resina. Ainda assim, os cimentos à base de resina são os mais utilizados pelos ortodontistas. (3,14)

Os cimentos de ionómero de vidro surgiram no mercado com propriedades únicas de adesão química ao esmalte e à dentina e de libertação de iões de flúor para a prevenção de cáries. (14) São a melhor escolha para a cimentação das bandas ortodônticas, pois apresentam uma força superior a outros cimentos, como o fosfato de zinco e o policarboxilato, uma melhor adesão ao esmalte e metais e ajudam a prevenir a desmineralização ao longo do

tratamento. Devem ser assim a primeira opção para a cimentação de bandas, uma vez que estas apresentam uma maior tendência para a acumulação de placa bacteriana do que os *brackets*, principalmente em pacientes com um risco acrescido de cáries. (14)

Quando o principal critério a ter em conta na selecção de um cimento adesivo é a força de adesão, os cimentos de resina devem ser os escolhidos, em detrimento dos cimentos de ionómero. (14)

Na adesão à cerâmica, o fator principal a considerar na seleção do cimento ortodôntico é a força adesiva que este consegue promover. Assim sendo, os cimentos de resina são os mais utilizados. (14)

1.1. Adesão de *Brackets* à Cerâmica

A procura de um sorriso estético e harmonioso despertou o interesse dos pacientes não só para os tratamentos ortodônticos, mas também para a dentisteria estética ao longo dos últimos anos. (3-4,15-22) Esta crescente procura da população em geral por tratamentos médicos dentários, tem gerado a necessidade de promover uma boa adesão entre os *brackets* ortodônticos e as restaurações que substituem a estrutura dentária natural dos dentes. Os principais materiais que são utilizados para este fim e aos quais é necessário promover a adesão de dispositivos ortodônticos durante um tratamento são a amálgama, a resina composta e a cerâmica. (3-4,8-9,12,15-17,23-28)

A técnica de adesão dos *brackets* ortodônticos é dificultada pela presença de múltiplas superfícies dentárias restauradas, às quais é necessário promover a adesão, sendo o condicionamento destas superfícies um dos factores cruciais na adesão dos *brackets*. (4) O aparecimento de cimentos baseados no 4-META e no 10-MDP possibilitaram a adesão a muitas ligas metálicas, incluindo as ligas de amálgama. (29)

O aparecimento de sistemas adesivos que promovem a adesão ao esmalte e aos diversos materiais restauradores, como o compósito, também foi um marco importante na adesão em ortodontia. (4,29)

A cerâmica, por sua vez, tem uma grande importância na reabilitação oral em medicina dentária, sendo usada em facetas, coroas totais e pontes. Uma das razões para a sua ampla utilização nesta área, reside no facto de apresentar uma melhor estabilidade de cor comparativamente com outros materiais restauradores estéticos, como as resinas compostas. Por outro lado, é um material muito friável, que fratura com facilidade e a sua reparação não produz bons resultados clínicos. Torna-se indispensável o estudo e conhecimento dos fundamentos de adesão entre a cerâmica e *brackets* e bandas ou outros dispositivos ortodônticos. (3-4)

Uma força de adesão de 6 a 8 MPa foi descrita por Reynolds e col. em 1975 como sendo suficientemente forte para manter os *brackets* durante o tratamento e não danificar a cerâmica aquando a sua descimentação. (4-6)

Os principais fatores que afetam a força adesiva entre o dispositivo ortodôntico e a superfície cerâmica são **o cimento adesivo** utilizado, o **condicionamento da superfície cerâmica** e o **tipo de cerâmica**. (3,5)

1.2. Cimento Adesivo

Como vimos, é essencial que o material adesivo responsável pela fixação dos elementos ortodônticos aos dentes tenha a capacidade de manter a adesão entre ambos por um período de tempo razoável, de modo a evitar a interrupção do tratamento. Em casos com risco especialmente acrescido de cárie dentária, além das capacidades de retenção e de facilidade de remoção após o tratamento, sem causar dano à integridade dentária, é benéfico que este material possua a capacidade de prevenir a desmineralização da estrutura dentária durante o tratamento. Este conjunto de fatores deve ser tido em consideração aquando da escolha do material a usar como cimento. (3,5)

1.3. Condicionamento da Superfície Cerâmica

O condicionamento da superfície da cerâmica pode ser feito por métodos mecânicos, por métodos químicos ou por uma combinação de ambos. Os métodos mecânicos visam

aumentar a rugosidade da superfície cerâmica para posterior penetração do cimento adesivo. Com este objetivo, podem-se utilizar brocas, pedras e jateamento abrasivo com partículas de óxido de alumínio ou de sílica. (3-6,23,30-32). O revestimento de sílica triboquímica é um método que cria retenção micromecânica por aumento da rugosidade e locais para adesão química. (3,31)

Os métodos químicos podem envolver condicionamento ácido da superfície e a alteração da afinidade da porcelana ao material adesivo. (3,23,33) Assim, os métodos químicos podem envolver a aplicação de um ácido e/ou o uso de um agente silano.

1.4. Tipo de Cerâmica

Vários tipos de cerâmica podem ser usados nas restaurações indiretas em medicina dentária. No caso das cerâmicas com uma matriz à base de sílica, é recomendado o condicionamento ácido. Destas cerâmicas destacam-se as feldspáticas, as reforçadas com leucite, as cerâmicas de dissilicato de lítio, as de fluoroapatite e as zircónias reforçada com silicato de lítio. (34)

A cerâmica feldspática é a mais estética das cerâmicas, devido à sua elevada translucidez. (35) A maior parte das restaurações indirectas são à base de cerâmica feldspática, que contêm entre 10 a 20% de óxido de alumínio. (1)

No entanto, existem outras cerâmicas que não contêm sílica na sua composição, e nas quais o condicionamento ácido não terá qualquer efeito na sua superfície. Estas cerâmicas são baseadas no trióxido de alumínio e no dióxido de zircónio, pelo que é possível usar o jateamento da superfície ou o revestimento da superfície cerâmica com sílica triboquímica. (34)

1.5. Objetivos do Trabalho

No presente trabalho pretende-se realizar uma revisão sistemática da literatura com o propósito de se estudar:

Qual será o melhor procedimento a ser seguido, de forma a se conseguir uma força de adesão adequada entre os dispositivos ortodônticos e as cerâmicas utilizadas na maior parte das restaurações indirectas, atualmente realizadas na área da reabilitação oral em medicina dentária?

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa na base de dados *Cochrane Library* utilizando-se as seguintes palavras: “*bonding brackets to porcelain*”. A pesquisa foi feita nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos e englobou todos os tipos de artigo, não sendo adicionado qualquer filtro. Obteve-se um total de catorze artigos que consistiam em ensaios laboratoriais. Destes, oito foram incluídos no trabalho e seis foram excluídos após leitura dos respectivos resumos. Dos seis restantes, um foi excluído por estar escrito em língua estrangeira que não a inglesa (coreano) e os restantes pelo fato de o seu conteúdo não ser relevante.

Uma outra pesquisa foi realizada na base de dados *Pubmed* utilizando as palavras: “*bonding brackets to porcelain*”. Utilizou-se um filtro temporal, de forma a se encontrarem artigos publicados a partir de 2010 e assim se selecionar a informação mais recente sobre o tema. Obteve-se um total de quarenta e nove artigos nesta pesquisa. Destes quarenta e nove, quatro foram excluídos por não serem relevantes e outros quatro por serem artigos repetidos da pesquisa anterior na *Cochrane Library*. Assim, obtiveram-se quarenta e um novos artigos nesta pesquisa, incluindo trinta e oito estudos laboratoriais, duas revisões da literatura e um artigo que relata uma série de casos clínicos.

Ao todo foram usados 49 artigos das duas pesquisas. Devido à sua relevância e a uma elevada frequência de citações, o estudo de Reynolds e col.,1975, que consiste numa revisão, também foi analisado e incluído no trabalho.

Além destes artigos, foram usados três livros e uma tese de doutoramento como referências bibliográficas, resultando num total de 54 referências.

RESULTADOS

4.1. Tipo de Cerâmica

As porcelanas dentárias podem ser classificadas em feldspáticas, aluminosas e cerâmicas vítreas. (7,27,36-37)

As cerâmicas feldspáticas são as mais comumente utilizadas nas restaurações dentárias e, como tal, a maior parte dos estudos existentes focam-se neste tipo de cerâmica. Existem contudo alguns estudos, embora mais escassos, sobre outros tipos de cerâmicas utilizadas em reabilitação oral. (1,3)

Na tabela I encontram-se os resultados de força adesiva de um estudo comparando o condicionamento por jateamento e condicionamento com revestimento de sílica em três tipos diferentes de cerâmica: (3)

Tabela I – Resultados da força adesiva obtida com jateamento com partículas de óxido de alumínio e com o revestimento com partículas de sílica em diferentes cerâmicas, no estudo de Saraç e col., 2011.

Tratamento de superfície	Tipos de Cerâmica	Força adesiva média (MPa)
Abrasão por partículas de ar com partículas de 25 micrómetros de Al_2O_3	Feldspática	13.58
	Fluoroapatite	11.82
	Reforçada com leucite	14.82
Revestimento com partículas de 30 micrómetros de SiO_2	Feldspática	23.51
	Fluoroapatite	22.18
	Reforçada com leucite	24.17

O revestimento com sílica triboquímica aumentou significativamente as forças adesivas à cerâmica, não tendo sido registados *cracks* ou fraturas de cerâmica em nenhum grupo estudado, apesar dos altos valores de adesão. (3)

Estudo sobre adesão à zircónia: (15)

A zircónia é outro tipo de cerâmica que tem ganho especial interesse para as restaurações indiretas, em grande parte devido às melhores propriedades em relação às outras cerâmicas, em particular a sua elevada resistência à fratura. As coroas totalmente em cerâmica zircónia são normalmente glazeadas, de forma a melhorar a sua estética.

Os *primers* de cerâmica funcionam como um agente silano que cria uma ligação entre o cimento de resina e as cerâmicas à base de sílica. O pó de cerâmica usado como glaze está incluído nestas cerâmicas com sílica e por este motivo um *primer* de cerâmica pode ser usado para promover a adesão às zircónias glazeadas.

Para a adesão à zircónia pura sem glaze, existem os adesivos que contêm os monómeros 10-MDP e 4-META que se ligam quimicamente à zircónia e promovem a sua adesão a cimentos resinosos. (15)

A tabela II apresenta os resultados da força adesiva à zircónia sujeita a diferentes protocolos de condicionamento de superfície.

Tabela II - Força adesiva obtida para diferentes protocolos de condicionamento da superfície da zircónia, no estudo de Lee e col., 2015.

Grupos testados	Força adesiva média (MPa)
Zircónia sem glaze + jateamento* + <i>primer</i> de zircónia	≈14
Zircónia com glaze + jateamento* + condicionamento** + <i>primer</i> de zircónia	≈4
Zircónia com glaze + jateamento* + condicionamento** + <i>primer</i> de cerâmica	≈16
Zircónia com glaze + jateamento* + condicionamento** + <i>primer</i> de zircónia + <i>primer</i> de cerâmica	≈15

*Jateamento com partículas de alumina de 50 micrómetros a 40 psi durante 5 segundos, a uma distância de 5mm das amostras.

**Condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 9%, durante 4 minutos.

Uma vez que o ácido hidrófluorídrico não altera a superfície da zircónia, apenas as zircónias glazeadas foram condicionadas com o ácido. (15)

4.2. Força de Adesão à Cerâmica

Segundo a maioria dos autores uma força de adesão mínima de 6-8 MPa é suficientemente forte para manter os *brackets* durante o tratamento e, ao mesmo tempo, não causa dano sobre a cerâmica aquando a sua descimentação. (4-6,38) No entanto, o estudo de Reynolds de 1975 apresenta muitas limitações e o valor frequentemente citado na literatura de 6 a 8 MPa não resulta diretamente de uma medição da força. Na verdade, é muito difícil conhecer-se a força de adesão ideal de *brackets* ortodônticos.

Aumentando a força de adesão entre a cerâmica e os dispositivos ortodônticos, aumenta a probabilidade de fraturas coesivas da cerâmica durante a descimentação dos mesmos. De facto, existem relatos de estudos *in vitro* em que o aumento da força de adesão além dos 13 MPa aumenta significativamente a probabilidade de fraturas coesivas da cerâmica na descimentação. (5-6,23)

Assim, deve-se optar por métodos que permitam uma força adesiva mínima *in vitro* de 6 a 8 MPa e que não ultrapasse os 13 MPa quando queremos aderir dispositivos ortodônticos à cerâmica. (5-6,23) No entanto, a extrapolação destes valores obtidos em meio laboratorial para a realidade da cavidade oral pode apresentar algumas diferenças.

4.3. Condicionamento da Superfície Cerâmica

Como já foi referido, em virtude de uma procura cada vez maior, por parte da população, por tratamentos ortodônticos e de um aumento das restaurações dentárias estéticas, o ortodontista encontra muitas vezes restaurações indiretas em cerâmica às quais necessita de fazer aderir dispositivos ortodônticos. (5)

Uma vez que os sistemas adesivos ortodônticos convencionais não asseguram uma força adesiva suficiente à cerâmica que resista às forças ortodônticas, outros métodos de

condicionamento têm sido explorados de forma a melhorar a adesão às restaurações em cerâmica. (5)

De um modo geral, estas técnicas envolvem métodos mecânicos e métodos químicos ou uma combinação dos dois. (39)

Os métodos mecânicos têm como objetivo aumentar a rugosidade da superfície cerâmica através da utilização de pedras, brocas ou jateamento com partículas de óxido de alumínio ou de sílica a alta pressão. (3-6,12,23,39)

Os métodos químicos podem envolver o condicionamento ácido da superfície e a alteração da afinidade da cerâmica ao material adesivo. Assim, os métodos químicos podem envolver a aplicação de um ácido ou o uso de um agente silano. (3,12,23)

Outro método de condicionamento da superfície é o revestimento com sílica triboquímica, que promove retenção micromecânica e adesão química. (3)

O efeito da camada de sílica pode ser explicado pela criação de uma superfície que se liga micromecanicamente com a resina e ainda uma ligação química da superfície de cerâmica revestida por sílica com o silano e com a resina. O silano produz uma ligação covalente entre a superfície de cerâmica revestida por sílica e a resina composta. Assim, obtêm-se valores superiores de força adesiva com as partículas revestidas por sílica, em comparação com apenas jateamento com partículas de alumina. (3)

É aceite que o condicionamento químico da superfície cerâmica causa menor dano à mesma do que os métodos mecânicos. Estes últimos, além de reduzirem a resistência da restauração cerâmica promovendo o aparecimento de linhas de fratura na cerâmica aumentam também a acumulação de placa bacteriana, causando inflamação gengival. (3-5,7,23) Assim, o aumento da rugosidade de forma a promover a adesão é necessário. No entanto, deve ser o mínimo possível pois estas restaurações permanecerão em função após a remoção dos *brackets*. (3,5)

O condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 9.6% demonstrou produzir bons resultados clínicos em termos de força adesiva. No entanto, o contacto do ácido hidrofúorídrico com a mucosa ou com a pele pode causar eritema e queimadura, associada com a perda de tecido e dor intensa por vários dias, pelo que é necessário um bom isolamento aquando da sua utilização. Por outro lado, o condicionamento da superfície cerâmica com

ácido ortofosfórico demonstra ser pouco eficaz em produzir valores adequados de força adesiva, pois não consegue uma adequada erosão das camadas superficiais das cerâmicas de silicato. (5,19,21-22,24,40)

O ácido hidrofúorídrico, usado como agente condicionador químico, ataca a fase vítrea das cerâmicas, criando microporos que servem de retenção mecânica para os cimentos resinosos. (35) Assim, os ácidos não afetam as cerâmicas que não têm matriz vítrea. (13,34,41)

O condicionamento com ácido hidrofúorídrico ou por jateamento expõe a sílica para ligação química com o silano e o cimento de resina, promovendo maiores forças de adesão à cerâmica. (35)

Além do AHF, outros ácidos também foram descritos para o condicionamento da fase vítrea das cerâmicas dentre os quais se destaca o FFA, o fluoreto estânico ou fluoreto de estanho e o difluoreto de hidrogénio e amónia. O FFA a 1.23% e o fluoreto estânico a 8% ao serem aplicados durante 4 minutos conseguem aumentar a rugosidade da superfície cerâmica. (25,34,36)

Segundo Bajraktarova e col., 2018, o protocolo de jateamento descrito como ideal para condicionar a superfície cerâmica é a utilização de partículas de óxido de alumínio de 50 micrómetros de diâmetro durante 4 segundos a uma pressão de 36.5 psi, o que corresponde a uma pressão superior à usada no seu próprio estudo (30 psi).

Encontram-se na tabela III os resultados da força adesiva obtida em alguns estudos recentes, sobre o condicionamento da superfície cerâmica: (5)

Tabela III - Forças adesivas obtidas com diferentes condicionamentos de superfície, no estudo de Sabuncuoğlu e col., 2016.

Grupos estudados	Força adesiva média (MPa)
------------------	---------------------------

I: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com uma broca diamantada + silano	3.498
II: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com broca diamantada + condicionamento com ácido ortofosfórico a 37% durante 2 minutos + lavagem e secagem + silano	6.182
III: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com broca diamantada + condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 9.6% durante 2 minutos + lavagem e secagem + silano	11.19
IV: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50 micrómetros durante 3 segundos, a uma pressão de 60 psi e perpendicularmente à superfície cerâmica a uma distância de 10 mm + lavagem e secagem + silano	10.75
V: jateamento + aplicação de ácido hidrofúorídrico + silano	12.27
VI: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com broca diamantada + irradiação com laser Nd: YAG (2 W, 10 Hz, 10 segundos, 2 mm, comprimento de onda de 1064 nm) +silano	9.489
VII: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com broca diamantada + irradiação com laser Er: YAG (2 W, 10 Hz, 10 segundos, 2 mm) + silano	7.829

Os resultados deste estudo mostram que o uso de uma broca diamantada para criar retenção mecânica é insuficiente em promover forças adesivas satisfatórias para a cimentação em meio clínico, uma vez que os valores médios de força adesiva obtidos por este método foram de cerca de 3.12 MPa, muito abaixo dos 6 a 8 MPa para uma cimentação eficaz à cerâmica, como foi sugerido por Reynolds.

Todos os outros seis métodos descritos acima apresentaram forças de adesão médias entre 6.182 e 12.27 MPa que são consideradas fortes o suficiente para cimentação dos dispositivos ortodônticos. É importante notar que nenhum destes métodos produziu fraturas da superfície cerâmica aquando a descimentação e que todos os valores médios destes métodos estão abaixo dos 13 MPa. (5)

Outro estudo sobre o condicionamento da superfície cerâmica, cujos resultados se encontram resumidos na tabela IV: (6)

Tabela IV - forças adesivas obtidas com diferentes condicionamentos de superfície, no estudo de Najafi e col., 2014.

Grupos estudados	Força adesiva média (MPa)
I: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com uma broca diamantada + aplicação de ácido hidrofluorídrico a 9.6% durante 4 minutos + lavagem e secagem + silano (Silane Bond Enhancer, Pulpdent Corp.)	13.13
II: Remoção do glaze e aumento da rugosidade com uma broca diamantada + irradiação com laser de CO2 (2 W, 15 msec, 2Hz) + silano (Silane Bond Enhancer, Pulpdent Corp.)	9.60
III: Irradiação com laser CO2 (2 W, 15 msec, 2Hz) durante 20 segundos sem remoção do glaze + silano (Silane Bond Enhancer, Pulpdent Corp.)	8.38
IV: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50 micrómetros a uma pressão de 80 psi durante 5 segundos + silano (Silane Bond Enhancer, Pulpdent Corp.)	6.40

Podemos verificar que neste estudo a aplicação de ácido hidrofluorídrico a 9.6% durante 4 minutos após uso de broca diamantada, apresenta um valor de força adesiva de 13.13 MPa. Apesar de poderem existir outras variáveis de confundimento, como os diferentes silanos e adesivos utilizados nestes dois estudos (5-6), verificou-se o aumento da força adesiva além dos 13 MPa quando o tempo de condicionamento do AHF foi de 4 minutos. Quando o ácido hidrofluorídrico foi usado por 2 minutos, a força de adesão foi inferior a 13 MPa (entre 11.19 e 12.27 MPa). (5-6)

Os outros grupos estudados apresentaram todos uma força adesiva média superior aos 6 MPa requeridos para cimentação das peças ortodônticas à cerâmica, pelo que podem ser tidos como bons métodos de condicionamento da superfície cerâmica. (6)

Quando se optou pela irradiação com laser de CO₂, obtiveram-se bons resultados, mesmo sem a remoção da camada de glaze. (6)

No estudo de Gonçalves e col., 2011, foi avaliado o efeito do tempo de condicionamento ácido e da fonte de luz usada na polimerização das resinas na força adesiva de *brackets* metálicos à cerâmica.

Na adesão de *brackets* metálicos à cerâmica feldspática, foram usados diferentes tempos de condicionamento de AHF (20 ou 60 segundos) e diferentes tipos de luz (quartzo-tungstênio-halógeno, LED (Light-emitting diodes), PAC (plasma arc) e lasers.

Após o condicionamento ácido e aplicação do silano *RelyX Ceramic Primer*, foi usado o cimento resinoso Transbond XT.

Verificou-se que tempos de condicionamento maiores apresentavam maiores valores de força de adesão em relação a tempos menores (20 segundos vs 60 segundos).

O tipo de luz usada na polimerização do cimento não influenciou as forças adesivas entre os diferentes grupos.

4.4. Remoção da Camada de Glaze

Alguns estudos alegam que a remoção da camada de glaze por um método mecânico ou químico é necessária para a penetração do cimento resinoso e uma adequada força de adesão à cerâmica. Este processo deve ser feito com cuidado pois a remoção do glaze pode danificar a estrutura cerâmica e obrigar à substituição da restauração. Outros estudos sugerem que o procedimento não é necessário, que se deve manter a camada de glaze e usar um agente silano de forma a promover uma boa adesão. (3,5-6,23,42)

As cerâmicas feldspáticas têm muitas vezes uma superfície de alumina glazeada que torna o silano ineficaz. Nestes casos, a remoção do glaze é importante para aumentar a adesão à cerâmica, aumentando a área de superfície para retenção mecânica e química, permitindo ainda a penetração da luz laser para criar microporosidades por um mecanismo termomecânico. (5)

Segundo o estudo de Eustaquio e col., 1988 não existem diferenças significativas entre superfícies com e sem glaze. Assim sendo, os seus autores aconselham a aplicação de um agente silano sem a remoção da camada de glaze, permitindo assim preservar a superfície das restaurações após descimentação. (7)

4.5. Agente Silano

Segundo a maioria dos estudos, os silanos são agentes promotores da adesão que aumentam a força adesiva ao promover uma união química entre o cimento à base de resina composta e as cerâmicas à base de sílica. (2-3,15,33)

No entanto, foi analisado um estudo no qual o agente silano aplicado não produziu resultados de força adesiva estatisticamente diferentes dos grupos em que não se aplicou silano, pelo que os seus autores consideraram o seu uso desnecessário. Neste estudo utilizaram-se *brackets* de fosfato de cálcio o que poderá ter contribuído para estes resultados devido à sua diferente composição. (43)

Verificou-se ainda neste estudo que o silano foi eficaz em promover adesão à cerâmica quando usado após o uso de broca diamantada e após a aplicação de ácido ortofosfórico. Quando se realizou condicionamento ácido com ácido hidrófluorídrico, foi desnecessário o silano para se obterem boas forças de adesão. (43)

4.6. Tipo de Cimento Adesivo Utilizado

Os cimentos resinosos geralmente produzem maiores forças de adesão. Por este motivo, são mais utilizados para cimentar *brackets* enquanto os cimentos adesivos de ionómero de vidro modificados com resina são mais usados para as bandas devido à sua capacidade de libertação de flúor e inibição da desmineralização. (14)

Os resultados de um estudo comparativo com três adesivos diferentes em várias superfícies cerâmicas encontram-se na tabela V:

Tabela V - Estudo comparativo de três adesivos diferentes (à base de resina) em várias superfícies cerâmicas. (8)

Cerâmicas	Sistema adesivo	Força adesiva média (MPa)
Cerâmica feldspática	Transbond XT primer®	6.37
	Scotchbond Universal	11.16
	iBond	10.85
Cerâmica vítrea	Transbond XT primer	7.07
	Scotchbond Universal	17.20
	iBond	3.44
Zircónia	Transbond XT primer	4.29
	Scotchbond Universal	12.33
	iBond	10.01

De um modo geral, todos os adesivos estudados foram eficazes em promover uma boa força de adesão à cerâmica feldspática.

Na cerâmica vítrea, o iBond não produz resultados aceitáveis de força adesiva enquanto o Scotchbond Universal produz uma força acima dos 13 MPa (17.20 MPa).

O iBond a par do Scotchbond, mostraram ser boas opções para aderir os dispositivos ortodônticos à zircónia, ao contrário do Transbond XT primer, que produziu uma força de apenas 4.29 MPa. Estes resultados na zircónia podem ser explicados pela presença do monómero 10-MDP na composição do ibond e Scotchbond Universal. (8)

Uma outra investigação, de Costa e colaboradores, (2012), demonstrou uma menor força adesiva com o cimento de IVMR comparativamente ao cimento resinoso Transbond XT.

4.7. Lasers em Ortodontia

O uso de laser em associação com a aplicação de ácido fosfórico tem sido descrito como uma boa técnica para se conseguir uma adesão adequada dos *brackets* ortodônticos à cerâmica.

O comprimento de onda mais usado é o do laser Er:YAG (2940 nm), mas estão descritos comprimentos de onda variáveis, dos 214 aos 1064 nm. (10,17,26,39,44-45)

Alguns autores defendem os lasers como método de condicionamento da superfície de esmalte e da cerâmica. Este método serve para tornar o esmalte mais resistente à

desmineralização ao redor dos *brackets*, o que é importante em pacientes com dificuldades em realizar uma boa higiene oral. (5,44)

A utilização de laser para a remoção de *brackets* cerâmicos tem sido também relatada como um método mais seguro para a descimentação, pois amolece o cimento resinoso. (44,46-48)

O condicionamento da superfície cerâmica com lasers pode ser uma alternativa ao uso do ácido hidrofluorídrico. Tem a vantagem de necessitar apenas de alguns segundos de aplicação, em contraste com o ácido que necessita de dois minutos, não requer também a lavagem e secagem posterior à aplicação do ácido e não apresenta risco de lesão na mucosa para o paciente. No entanto, a elevada energia requerida para a modificação de superfície pode gerar traços de fratura na cerâmica e diminuir a sua resistência à fractura. (5)

Os lasers de CO₂, de Nd:YAG e de Er:YAG já foram estudados e descritos como métodos eficazes de condicionamento da superfície cerâmica sem glaze, com menor tempo de aplicação necessário do que o AHF e o SB (jateamento). (5-6,49-51)

4.8. Modo de Falha na Descimentação

Os estudos que contemplam a descimentação dos *brackets* ortodônticos geralmente avaliam o Índice de Adesivo Residual (IAR), proposto inicialmente por Årtun e col., 1984, que é descrito abaixo:

0: sem adesivo remanescente na superfície cerâmica

1: menos de metade do adesivo remanescente na superfície cerâmica

2: mais de metade do adesivo remanescente na superfície cerâmica

3: todo o adesivo remanescente na superfície cerâmica

(5)

Durante a descimentação dos *brackets* ortodônticos da superfície cerâmica, a falha da adesão pode ocorrer ao nível da interface entre cerâmica e cimento adesivo, ou ao nível da interface entre cimento adesivo e *bracket*. (5)

Como é fácil de se entender, o ideal para o ortodontista é que a falha da adesão ocorra entre o adesivo e a superfície cerâmica, sem deixar nenhum remanescente nesta superfície. Desta forma, evita-se a perda de tempo de consulta na remoção do cimento adesivo e evita-se o risco de fratura ou o, dano da cerâmica que é mais comum nas falhas coesivas originadas por maiores forças de adesão. (6)

A resistência aumentada à descimentação diminui a probabilidade de falha na interface cerâmica-adesivo e aumenta a probabilidade de falha entre o *bracket* e o adesivo. (5) O IAR sobre a superfície da cerâmica é maior nos grupos que apresentam maiores forças adesivas e menor nos grupos com menores forças. (6)

Quando as forças de adesão promovidas pelo cimento ortodôntico à cerâmica aumentam, as falhas na interface cimento/*bracket* são mais comuns, os valores do IAR são mais altos e geralmente mais tempo é necessário para a remoção dos restos de adesivo sobre a superfície da restauração. (6)

O IAR tem sido demonstrado como maior para maiores tempos de condicionamento e consequentemente maiores forças de adesão. (52-53) Quando a força adesiva é grande, a retenção química é igual ou superior à mecânica dada pela base do *bracket*. Assim, forças adesivas elevadas resultam em falha na interface *bracket*-adesivo, ou em falha coesiva na resina composta, de forma que uma parte de compósito é deixada no *bracket* e outra na cerâmica. (24)

Thurmond e col., 1994, relataram que o aumento da força de adesão além dos 13 MPa aumenta a probabilidade de fraturas na estrutura cerâmica. Assim, como já vimos, é importante respeitar o intervalo de 6 a 13 MPa quando queremos promover a adesão à superfície cerâmica de modo a evitar fraturas da cerâmica. (5-6)

4.9. Efeito da Termociclagem

A termociclagem das amostras tem como objetivo simular em meio laboratorial as condições existentes na cavidade oral. Assim, ao não se aplicar nenhum procedimento de termociclagem ou de conservação das amostras em água a 37°C, as forças adesivas conseguidas serão superiores às que seriam conseguidas em meio oral. (29)

De um modo geral, a termociclagem das amostras reduz significativamente as forças adesivas de todos os adesivos empregados na cimentação às superfícies cerâmicas. (29,54)

A tabela VI apresenta os resultados de força adesiva obtidos com diferentes protocolos de condicionamento na zircônia com e sem termociclagem. Todas as amostras foram previamente submetidas a jateamento com partículas de óxido de alumínio e posteriormente foi usado o cimento TransbondTMXT para cimentar os *brackets*: (54)

Tabela VI - Forças de adesão obtidas com diferentes protocolos de condicionamento da zircônia, com e sem termociclagem. (54)

Grupos	Força adesiva média (MPa)
Sem <i>primer</i>	11,59
Sem <i>primer</i> com termociclagem	5,68
<i>Primer</i> de cerâmica	23,42
<i>Primer</i> de cerâmica com termociclagem	6,12
<i>Z-Prime Plus</i>	26,74
<i>Z-Prime Plus</i> com termociclagem	13,33
<i>Monobond Plus</i>	25,31
<i>Monobond Plus</i> com termociclagem	15,38
<i>Zirconia Liner Premium</i>	26,52
<i>Zirconia Liner Premium</i> com termociclagem	16,02

LIMITAÇÕES

Apesar das conclusões que podemos retirar da literatura existente sobre este tema, verifica-se que cada estudo é dirigido frequentemente à avaliação de apenas alguns dos muitos aspectos que influenciam a adesão à cerâmica.

Alguns estudos focam e comparam diferentes tipos de condicionamento de superfície da cerâmica feldspática, outros dirigem a sua atenção para os diferentes tipos de cerâmica utilizados e avaliam quais os melhores métodos a aplicar para cada uma delas. Existem estudos que avaliam também os diferentes tipos de cimentos adesivos utilizados ou até a eficácia de diferentes tipos de silanos.

Mesmo dentro do condicionamento de superfície, surgem questões sobre quanto tempo aplicar, qual o tipo de luz e que intensidade usar, qual a concentração do ácido, qual o tamanho de partículas a usar no jateamento, entre outras, às quais os estudos surgem para dar respostas.

Dada a vastidão de pormenores e variáveis que é necessário controlar e investigar, é impossível avaliar todos estes aspectos ao mesmo tempo sob os mesmos parâmetros.

Desta forma, garantir qual é o melhor procedimento a seguir não é uma tarefa fácil, pois torna-se difícil fazer comparações entre estudos que apresentam tantas variáveis diferentes. No entanto, é possível seleccionar os métodos mais eficazes em promover uma boa adesão à cerâmica que estão descritos na literatura.

CONCLUSÕES

O tipo de condicionamento da superfície cerâmica deve ser adequado ao tipo de cerâmica à qual queremos promover a adesão dos dispositivos ortodônticos.

O condicionamento ácido é o mais indicado para as cerâmicas convencionais, ou outras com matriz vítrea. Estas incluem as cerâmicas feldspáticas, as cerâmicas reforçadas com leucite, de dissilicato de lítio, de zircônia reforçadas com silicato de lítio e cerâmicas de fluorapatite. Apesar de existirem outros métodos de preparação da superfície cerâmica que apresentam resultados de força adesiva adequados para promover a adesão, o condicionamento com ácido hidrófluorídrico a 9,6% durante 2 minutos continua a ser o método mais usado pelos clínicos para o tratamento das superfícies destas cerâmicas, pois os outros métodos geralmente envolvem um maior investimento em materiais e equipamentos.

(34)

Assim, podemos descrever o seguinte procedimento para uma boa adesão às cerâmicas com fase vítrea:

- 1- Executar um adequado isolamento do campo de trabalho
- 2- Usar um gel adequado que funcione como uma barreira que impeça o contato do ácido hidrófluorídrico com a gengiva e tecidos moles
- 3- Remover o glaze numa área ligeiramente maior do que a base do *bracket*, por exemplo, através de jateamento com partículas de 50 micrómetros de óxido de alumínio durante 3 segundos
- 4- Fazer o condicionamento da superfície cerâmica com gel de ácido hidrófluorídrico a 9,6% por 2 minutos.
- 5- Remover o gel cuidadosamente com um rolo de algodão e depois lavar e aspirar
- 6- Por fim secar de imediato com ar e cimentar o *bracket*

(14)

Outros métodos descritos na literatura que também promovem boas forças de adesão à cerâmica são o jateamento com partículas de óxido de alumínio e o revestimento da cerâmica com partículas de sílica triboquímica, através do jateamento da superfície. (34)

As partículas de óxido de alumínio referidas na literatura apresentam diâmetros de 25, 30 e até 50 micrómetros. Embora todos estudos sobre o jateamento da superfície cerâmica com diferentes tamanhos de partículas demonstrem apresentar resultados adequados de força de adesão, Mehta e col., 2016, recomenda como protocolo ideal de jateamento o uso de partículas de óxido de alumínio de 50 micrómetros por 4 s a uma pressão de 36.5 psi.

O jateamento demonstra resultados favoráveis à adesão em todos os tipos de cerâmica, incluindo a zircônia.

Nas cerâmicas de alto teor de alumina e nas cerâmicas de zircônia, o ácido hidrofluorídrico não é eficaz em promover uma força de adesão suficiente. Assim sendo, outras técnicas como o jateamento de superfície ou o revestimento com sílica devem ser exploradas.

O revestimento com sílica triboquímica é usado sobretudo para as cerâmicas de trióxido alumínio e dióxido de zircônia pois o condicionamento ácido não terá impacto nestas cerâmicas, uma vez que estas não possuem uma matriz vítrea. (3,34)

Os *primers* de cerâmica funcionam como agentes silanos que têm a capacidade de aumentar as forças de adesão entre os cimentos resinosos e as cerâmicas à base de sílica, ao promover uma união química entre o cimento resinoso e a sílica destas cerâmicas.

Na zircônia pura o uso de *primers* contendo os monómeros 10-MDP e 4-META aumenta as forças de adesão a este tipo de cerâmica, ao promover uma união química entre o cimento resinoso e a zircônia. (15)

A remoção da camada de glaze e aumento da rugosidade da superfície cerâmica pode ser feita por métodos mecânicos ou químicos. No entanto, os métodos mecânicos são mais agressivos para a superfície e podem causar danos irreversíveis e obrigar à substituição das restaurações cerâmicas.

Alguns estudos defendem que quando a camada de glaze é composta por cerâmica com base em sílica, esta camada não deve ser removida e deve-se em alternativa aplicar um

agente silano que vai promover a adesão química entre esta camada e o cimento resinoso. Este método permite preservar a restauração cerâmica que irá ficar em função após o tratamento. (3,5-6,23,42) Assim, quando as cerâmicas zircônias possuem uma camada de glaze como revestimento, pode ser usado um *primer* de cerâmica para aumentar a força de adesão para valores aceitáveis. (15)

A literatura aponta para uma força mínima de 6 a 8 MPa para uma adesão eficaz dos *brackets* à cerâmica. (38) Por outro lado, existem relatos de que a partir de 13 MPa aumenta significativamente a probabilidade de ocorrerem fraturas coesivas da cerâmica, aquando da descimentação dos *brackets* ortodônticos, pelo que os autores destes estudos aconselham o uso de métodos que não promovam forças de adesão *in vitro* muito além deste valor. Apesar disto, existem na literatura estudos em que as forças de adesão atingem valores superiores a 20 MPa, como o revestimento com partículas de sílica e não ocorrem quaisquer fraturas da cerâmica durante a descimentação dos *brackets* ortodônticos. (3-6,38)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Zachrisson BU. Bonding in Orthodontics. In: Graber TM; Vanarsdall RL Jr. Orthodontics/Current Principles and Techniques. Third Edition. St. Louis: Mosby ; 2000. p.557-639
2. Al-Hity R, Gustin MP, Bridel N, Morgon L, Grosgeat B. In vitro orthodontic bracket bonding to porcelain. European Journal of Orthodontics. 2012; 34: 505–511.
3. Saraç YŞ, Külünk T, Elekdağ-Türk S, Saraç D, Türk T. Effects of surface-conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-ceramic materials. European Journal of Orthodontics. 2011 Jan 12; 33: 667–72.
4. Stella JPF, Oliveira AB, Nojima LI, Marquezan M. Four chemical methods of porcelain conditioning and their influence over bond strength and surface integrity. Dental Press J Orthod. 2015 July-Aug;20(4):51-6.
5. Sabuncuoğlu FA, Ertürk E. Shear bond strength of brackets bonded to porcelain surface: In vitro study. J Istanbul Univ Fac Dent. 2016; 50 (1):9-18.
6. Najafi HZ, Oshagh M, Torkan S, Yousefipour B, Salehi R. Evaluation of the effect of four surface conditioning methods on the shear bond strength of metal bracket to porcelain surface. Photomedicine and Laser Surgery. 2014; 32(12):694-9.
7. Ramos TF, Lenza MA, Reges RV, Freitas G. Influence of ceramic surface treatment on shear bond strength of ceramic brackets. Indian J Dent Res 2012;23(6):789-94.
8. Hellak A, Ebeling J, Schauseil M, Stein S, Roggendorf M, Korbmacher-Steiner H. Shear Bond Strength of Three Orthodontic Bonding Systems on Enamel and Restorative Materials. BioMed Research International. 2016:1-10.
9. Bach GKG, Torrealba Y, Lagravère MO. Orthodontic bonding to porcelain / A systematic review. Angle Orthod. 2014;84:555–560.
10. Juntavee N, Juntavee A, Wongnara K, Klomklorm P, Khechonnar R. Shear bond strength of ceramic bracket bonded to different surface-treated ceramic materials. J Clin Exp Dent. 2018;10(12):e1167-76.
11. Moradinezhad M, Moradi M, Ghorani A. Porcelain color alteration after orthodontic bonding using three different surface preparation methods. Dental Research Journal. 2018.
12. Golshah A, Mohamadi N, Rahimi F, Pouyanfar H, Tabaii ES, Imani MM. Shear Bond Strength of Metal Brackets to Porcelain Using a Universal Adhesive. MED ARCH. 2018 ; 72(6): 425-429.
13. Naseh R, Afshari M, Shafiei F, Rahnamoon N. Shear bond strength of metal brackets to ceramic surfaces using a universal bonding resin. J Clin Exp Dent. 2018;10(8):e739-45.
14. Zachrisson BU, Usumez S, Buyukyilmaz. Bonding in Orthodontics. In: Graber LW, Vanarsdall RL Jr, Vig KWL, Huang GJ. Orthodontics/Current Principles and Techniques. Sixth Edition. St. Louis: Elsevier ; 2017. p. 812-862
15. Lee J-H, Lee M, Kim K-N, Hwang C-J. Resin bonding of metal brackets to glazed zirconia with a porcelain primer. The Korean Journal of Orthodontics. 2015; 45(6):299-307.
16. Trakyalı G, Malkondu Ö, Kazazoğlu E, Arun T. Effects of different silanes and acid concentrations on bond strength of brackets to porcelain surfaces. European Journal of Orthodontics. 2009 April 1;31: 402–6.
17. Xu Z, Li J, Fan X, Huang X. Bonding Strength of Orthodontic Brackets on Porcelain Surfaces Etched By Er:YAG Laser. Photomedicine and Laser Surgery. 2018;20(20): p.1-7
18. Kukiattrakoon B, Samruajbenjakul B. Shear bond strength of ceramic brackets with various base designs bonded to aluminous and fluorapatite ceramics. European Journal of Orthodontics. 2010; 32: p. 87–93.

19. Viskic J, Jokic D, Jakovljevic S, Bergman L, Ortolan SM, Mestrovic S, Mehulic K. Scanning electron microscope comparative surface evaluation of glazed-lithium disilicate ceramics under different irradiation settings of Nd:YAG and Er:YAG lasers. *Angle Orthodontist*. 2018; 88(1):75-81.
20. Aksakalli S, Ileri Z, Yavuz T, Malkoc MA, Ozturk N. Porcelain laminate veneer conditioning for orthodontic bonding: SEM-EDX analysis. *Lasers Med Sci*. 2014.
21. Poosti M, Jahanbin A, Mahdavi P, Mehrnoush S. Porcelain conditioning with Nd:YAG and Er:YAG laser for bracket bonding in orthodontics. *Lasers Med Sci*. 2012; 27: 321–324.
22. Mehmeti B, Kelmendi J, Iiljazi-Shahiqi D, Azizi B, Jakovljevic S, Haliti F, Aniç-Milošević S. Comparison of Shear Bond Strength Orthodontic Brackets Bonded to Zirconia and Lithium Disilicate Crowns. *Acta stomatol Croat*. 2019;53(1):17-27.
23. Türkkahraman H, Küçükeşmen HC. Effects of Light-Emitting Diode and Halogen Light Curing Techniques on Ceramic Brackets Bonded to Porcelain Surfaces. *Angle Orthodontist*. 2006; 76(4):673-6.
24. Akhoundi MSA, Kamel MR, Hooshmand T, Harririan I, Fard MJK, Noroozi H. Assessment of Bond Strength between Metal Brackets and Non-Glazed Ceramic in Different Surface Treatment Methods. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*. 2010; 7(2): 64-70.
25. Akhoundi MSA, Aghajani F, Chalipa J, Sadrhaghighi AH. The Effect of Remin Pro and MI Paste Plus on Bleached Enamel Surface Roughness. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*. 2014 March; 11(2):216-24.
26. Yassaei S, Moradi F, Aghili H, Kamran MHL. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to porcelain following etching with Er:YAG laser versus hydrofluoric acid. *The Art and Practice of Dentofacial Enhancement. Orthodontics: The Art and Practice of Dentofacial Enhancement*. 2013;14:e82-e87.
27. Hosseini MH, Sobouti F, Etemadi A, Chiniforush N, Shariati M. Shear bond strength of metal brackets to feldspathic porcelain treated by Nd:YAG laser and hydrofluoric acid. *Lasers Med Sci*. 2013. p.1-5
28. Hellak A, Rusdea P, Schauseil M, Stein S, Korbmacher-Steiner HM. Enamel shear bond strength of two orthodontic self-etching bonding systems compared to Transbond™ XT. *J Orofac Orthop*. 2016. p.-1-8.
29. Jardim LFAS. Estudo da adesão de brackets ortodônticos a materiais dentários restauradores [dissertação]. Lisboa: Faculdade de Medicina Dentária, Universidade de Lisboa; 1998.
30. Zhang Z-c, Giordano R, Shen G, Chou LL, Qian Y-f. Shear bond strength of an experimental composite bracket. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2013; 74:319-331.
31. Durgesh BH, Alhijji S, Hashem MI, Kheraif AAA, Durgesh P, Elsharawy M, Vallittu PK. Influence of tooth brushing on adhesion strength of orthodontic brackets bonded to porcelain. *Bio-Medical Materials and Engineering*. 2016; 27: 365–374.
32. Akpınar YZ, Irgin C, Yavuz T, Aslan MA, Kilic HS, Usumez A. Effect of Femtosecond Laser Treatment on the Shear Bond Strength of a Metal Bracket to Prepared Porcelain Surface. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2015; 33(4): 1-7.
33. Abdelnaby YL. Effects of cyclic loading on the bond strength of metal orthodontic brackets bonded to a porcelain surface using different conditioning protocols. *Angle Orthod*. 2011;81(6):1064–1069.
34. Bajraktarova-Valjakova E, Grozdanov A, Guguvcevski L, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Mijoska A, Bajraktarova-Misevska C. Acid Etching as Surface Treatment Method for Luting of Glass-Ceramic Restorations, part 1: Acids, Application Protocol and Etching Effectiveness. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2018 Mar 15;6(3):568-73.

35. Mehta AS, Evans CA, Viana G, Bedran-Russo A, Galang-Boquiren MTS. Bonding of Metal Orthodontic Attachments to Sandblasted Porcelain and Zirconia Surfaces. *BioMed Research International*. 2016;1-6.
36. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Dental Ceramics. In: Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials*. 12th ed. St. Louis: Saunders (Elsevier); 2013. p. 418-473.
37. Girish PV, Dinesh U, Bhat CSR, Shetty PC. Comparison of Shear Bond Strength of Metal Brackets Bonded to Porcelain Surface using Different Surface Conditioning Methods: An *in vitro* Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2012;13(4):487-493.
38. Reynolds I.R. (1975). A review of direct orthodontic bonding. *Br. J. Orthod.* 2, 171–178
39. Topcuoglu T, Oksayan R, Topcuoglu S, Coskun ME, Isman NE. Effect of Er:YAG Laser Pulse Duration on Shear Bond Strength of Metal Brackets Bonded to a Porcelain Surface. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2013; 31(6):240-246.
40. Cevik P, Eraslan O, Eser K, Tekeli S. Shear bond strength of ceramic brackets bonded to surface-treated feldspathic porcelain after thermocycling. *The International Journal of Artificial Organs*. 2018; 41(3): p. 160-167.
41. Blakey R, Mah J. Effects of surface conditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to temporary polycarbonate crowns. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010; 138 (1): 72-8.
42. Herion DT, Ferracane JL, Covell DA. Porcelain Surface Alterations and Refinishing After Use of Two Orthodontic Bonding Methods. *Angle Orthodontist*. 2010; 80 (1): p.167-174.
43. Meguro D, Hayakawa T, Kawasaki M, Kasai K. Shear Bond Strength of Calcium Phosphate Ceramic Brackets to Human Enamel. *Angle Orthodontist*. 2006; 76(2): 301-5.
44. Fornaini C, Merigo E, Vescovi P, Lagori G, Rocca JP. Use of laser in orthodontics: applications and perspectives. *Laser Therapy*. 2013. 22.2: 115-24.
45. Mirhashemi A, Chiniforush N, Jadidi H, Sharifi N. Comparative study of the effect of Er:YAG and Er:Cr:YSGG lasers on porcelain: etching for the bonding of orthodontic brackets. *Lasers in Medical Science*. 2018. p.1-9
46. Tehranchi A, Fekrazad R, Zafar M, Eslami B, Kalhori KAM, Gutknecht N. Evaluation of the effects of CO2 laser on debonding of orthodontics porcelain brackets vs. the conventional method. *Lasers Med Sci*. 2011; 26:563–567.
47. Saito A, Namura Y, Isokawa K, Shimizu N. CO2 laser debonding of a ceramic bracket bonded with orthodontic adhesive containing thermal expansion microcapsules. *Lasers Med Sci*. 2015; 30:869–874.
48. Macri RT, Lima FA, Bachmann L, Galo R, Romano FL, Borsatto MC, Matsumoto MAN. *Lasers Med Sci*. 2014: 1-7.
49. Erdur EA, Basciftci FA. Effect of Ti:Sapphire-femtosecond Laser on the Surface Roughness of Ceramics. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2015; 47:833–838.
50. Erdur EA, Basciftci FA. Effect of Ti:Sapphire Laser on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets to Ceramic Surfaces. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2015; 47:512–519.
51. Ahrari F, Heravi F, Hosseini M. CO2 laser conditioning of porcelain surfaces for bonding metal orthodontic brackets. *Lasers Med Sci*. 2013; 28:1091–1097.
52. Gonçalves PRA, Moraes RR, Costa AR, Correr AB, Nouer PRA, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effect of Etching Time and Light Source on the Bond Strength of Metallic Brackets to Ceramic. *Braz Dent J*. 2011; 22(3):245-8.
53. Costa AR, Correr AB, Puppini-Rontani RM, Vedovello SA, Valdrighi HC, Correr-Sobrinho L, Filho MV. Effect of Bonding Material, Etching Time and Silane on the Bond Strength of Metallic Orthodontic Brackets to Ceramic. *Braz Dent J*. 2012;23(3): 223-7.
54. Lee J-Y, Kim J-S, Hwang C-J. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using various zirconia primers. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2015;45(4):164-70.